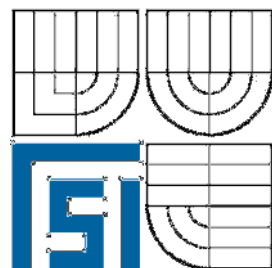


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTEMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

ANALÝZA AUTOMATICKÉHO NASTAVOVÁNÍ NÁSTROJŮ U OBRÁBĚCÍCH CENTER

ANALYSES FOR AUTOMATIC ADJUSTING OF MACHINING CENTERS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS


AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PETR BLAŽEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MIROSLAV OPL

BRNO 2008

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Abstrakt:

Tato bakalářská práce se zabývá možnostmi měření nástrojů na CNC strojích. Možnostmi automatického nastavování nástrojů a zápisem potřebných informací do řídicího systému obráběcího centra.

Klíčová slova:

3D dotykové sondy, laserové měření, řídicí systémy CNC strojů.

Abstract:


This bachelor's thesis deals possibilities of measuring tools on CNC machines. It considers possibilities of automatic adjusting of tools and recording of necessary informations into the control system of machining center.

Keywords:

3-D Touch Probes, laser measuring, control systemes of CNC machines

Bibliografická citace:

BLAŽEK, P. Analýza automatického nastavování nástrojů u obráběcích center. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 31 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Miroslav Opl.





	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 6
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce pana Ing. Miroslava Opla a s použitím uvedené literatury.“

Datum:20.5.2008

.....
Jméno a příjmení

		Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 7
		BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce Ing. Miroslavu Oplovi za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval svým rodičům za podporu při studiu na vysoké škole.

OBSAH

1. ÚVOD.....	str. 9
2. DEFINOVÁNÍ POJMŮ.....	str.10
2.1 Číslicová technika.....	str.10
2.1.1 NC systém (Numerical Control).....	str.10
2.1.2 CNC (Computerized Numerical Control).....	str.10
2.2. Definice obráběcího centra.....	str.10
2.3. Rozdělení obráběcích center.....	str.11
2.3.1 Soustružnická obráběcí centra.....	str.11
2.3.2 Frézovací centra.....	str.12
2.4 Vztahné body u číslicově řízených strojů.....	str.12
3. MĚŘENÍ NÁSTROJŮ.....	str.13
3.1 Metody měření nástrojů.....	str.13
3.2 Dotykové měření.....	str.13
3.3 Dotykové měření u frézovacích center.....	str.13
3.3.1 Dotykové sondy řady TT firmy HEIDENHAIN.....	str.14
3.3.2 Dotyková sonda TS27R firmy REINSHAW.....	str.15
3.3.3 Dotyková sonda Z-NANO firmy BLUM-NOVOTEST.....	str.16
3.4 Dotykové měření u soustružnických center.....	str.16
3.4.1 Dotekové sondy HP od firmy RENISHAW.....	str.17
3.4.2 TC 53 firmy BLUM-NOVOTEST.....	str.18
3.5 Bezdotykové měření.....	str.19
4. PROGRAMOVÉ MODULY	str.24
4.1 Softwary dodávané výrobcí řídicích systémů.....	str.24
4.2 Softwary dodávané výrobcí měřících zařízení.....	str.26
5. ZÁVĚR.....	str.28
6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	str.29
7. SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ.....	str.30
8. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZNAKŮ.....	str.31

1. Úvod

Strojírenská výroba zasahuje do všech průmyslových odvětví, je nezastupitelnou součástí ekonomiky každého státu. Základním výrobním prostředkem je stroj. V současné době musí stroje pokrýt široké spektrum výroby. Výrobu lze rozdělit podle mnoha kritérií. Jedním z hlavních je objem výroby. Z tohoto hlediska dělíme výrobu na sériovou a kusovou. Každá z nich má svá specifika. Proces sériové výroby je v dnešní době automatizován. Stroje pracují již v plně automatizovaných linkách kde je vliv člověka na samotnou výrobu minimální. Linky jsou doplněny průmyslovými roboty a manipulátory. V malosériové a kusové výrobě je hlavním aspektem flexibilita strojů. Nároky kladené na stroje se v posledních letech zvýšily. Konkurence na trhu je vysoká a pokud chceme udržet krok s ostatními, musíme být schopni vytvářet nové technologie, které budou odpovídat požadavkům výroby. Mezi tyto požadavky lze zahrnout například: produktivitu, jakost, ekonomičnost, jednoduchost atd.

Je snahou snížit jak samotnou dobu obrábění tak vedlejší časy spojené s ustavováním obrobku měřením nástrojů atd. K tomuto účelu se u obráběcích center začali používat měřicí zařízení pro měření nástrojů. Podle typu lze tyto zařízení rozdělit do dvou skupin: měření dotykové a měření bezdotykové. Výsledky měření jsou zapisovány do řídicího systému stroje. V současné době jsou metody měření nástrojů značně propracované a umožňují měření nástrojů i v bezobslužných automatických provozech.

2. Definování pojmů

Seznámení se základními stroji a pojmy v oblasti číslicového řízení a definování pojmů nutných pro zadávání nástrojů do výrobního stroje.

2.1 Číslicová technika

Číslicové řízení je činnost systému při níž se řízení provádí pomocí číslicových dat. Za číslicový řídicí systém se považuje ten, který automaticky provádí řízení alespoň podle části těchto dat.

2.1.1 NC systém (Numerical Control)

Jde o řízení obráběcího procesu které se provádí pomocí čísel, která jsou předem připravena jako řídicí program. Program se skládá s významově uspořádané posloupnosti čísel a je zaznamenáván na informační medium. Data potřebná k procesu obrábění se dají rozdělit do třech skupin.

- Geometrické informace udávají dráhu nástroje vůči obrobku, rozměry obrobku.
- Technologické informace udávají velikost posuvů, otáčky rotujícího nástroje nebo obrobku, označení nástroje, pomocné funkce jako např. (vypnutí a zapnutí chladicí emulze).
- Organizační informace znaky pro vyznačení začátku a konce programu informace podle kterých je program členěn na bloky.

2.1.2 CNC (Computerized Numerical Control)

Jde o číslicové řízení počítačem. Řídicí systém těchto strojů je vybaven volně programovatelným mikroprocesorem, který provádí se zadanými daty výpočet a řídí stroj. Vlastnosti řídicího systému jsou tedy dány softwarově. Obrábění na CNC strojích je stejné jako u NC strojů. Rozdíl spočívá v programovém řízení které je realizováno pomocí mikropočítače a softwaru. Dnešní stroje využívají výhradně CNC řízení.

2.2 Definice obráběcího centra

Obráběcí centrum je stroj na kterém lze z velké části a nebo úplně obrobit různé součásti na jedno upnutí.

Obráběcí centrum je číslicově řízený stroj který,

- Pracuje v automatickém obráběcím cyklu
- Má možnost provádět více operací na jedno upnutí
- Má automatickou výměnu nástrojů
- Může mít automatickou výměnu obrobků
- Je opatřen prvky diagnostiky a monitorování stavu
- Může realizovat víceosé obrábění



2.3 Rozdělení obráběcích center

Obráběcí centra lze rozdělit podle několika hledisek.

- Podle polohy ve které nástroj pracuje na
 - vertikální
 - horizontální
- Podle typu obrobku na
 - rotační soustružnická centra
 - nerotační frézovací centra

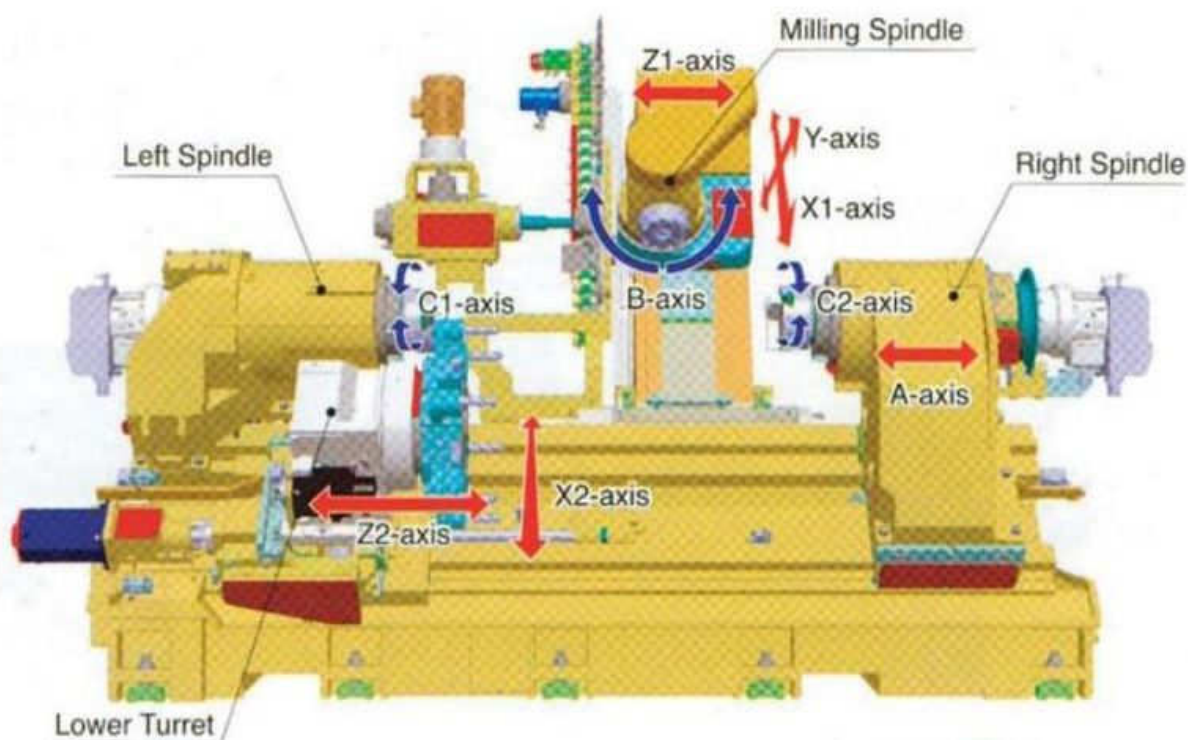
2.3.1 Soustružnická obráběcí centra

Charakteristikou soustružnických strojů je hlavní řezný pohyb rotační, který koná obrobek.

Soustružnická centra lze rozdělit na:

- centra s vodorovnou osou (produkční soustruhy, vícevřetenové automaty)
- centra se svislou osou (karusely)
- multifunkční stroje (s vodorovnou i svislou osou)
- speciální stroje (jednouúčelové soustruhy)

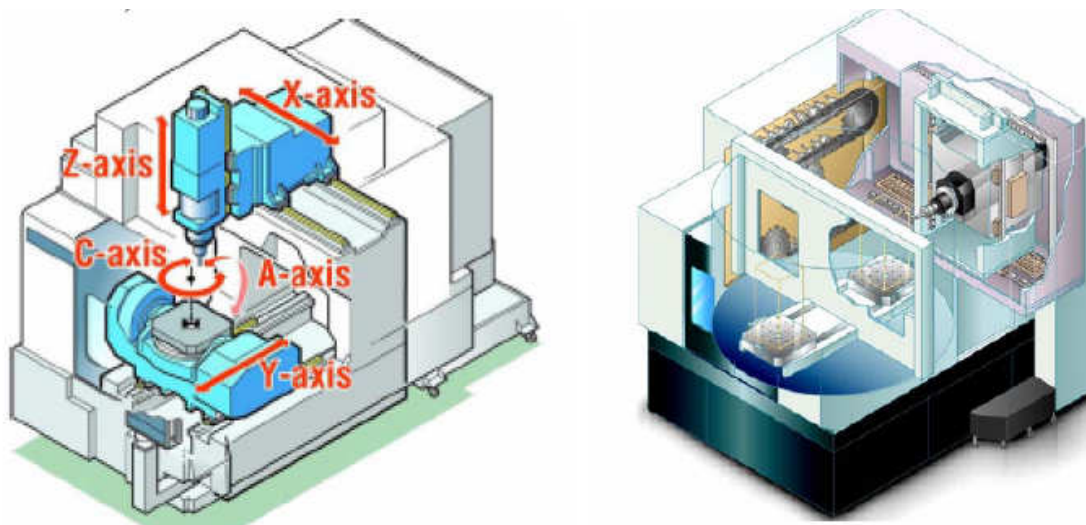
Pro multifunkční stroje je charakteristické, že jsou vybaveny jak vřetenovou tak revolverovou hlavou. To umožňuje synchronní obrábění spodním i horním nástrojem naráz.



Obr. 1 Multifunkční soustružnické centrum

2.3.2 Frézovací centra

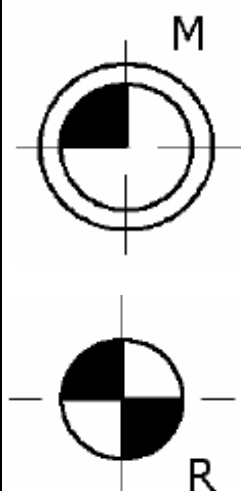
Frézovací obráběcí centra můžeme rozdělit podle polohy vřetena na horizontální a vertikální. Lze na nich obrábět nerotační součásti. Tyto stroje umějí nejen frézovat ale i vystružovat, řezat závit, vrtat. Stroje mohou být buď tříosé nebo více osé. Tříosé obráběcí stroje se pohybují ve třech navzájem kolmých osách (X,Y,Z). Stroje víceosé umožňují rotace kolem těchto os. (A,B,C)



Obr. 2 Vertikální a horizontální obráběcí centrum

2.4 Vztažné body u číslicově řízených strojů

Aby bylo možné určit polohu obrobku a nástroje v souřadném systému stroje, musejí být definované vztažné body na stroji v jeho pracovním prostoru. V závislosti na těchto bodech musí být určena poloha nástroje.



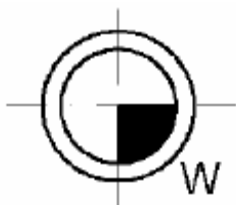
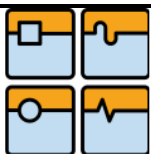
Nulový bod stroje

Nulový bod stroje určuje výrobce. Je počátkem souřadnicové soustavy stroje a nemůže být uživatelem měněn.

Referenční bod

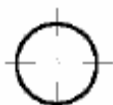
Nástroj většinou nemůže najet na nulový bod stroje, a proto je nutné stanovit jiný (referenční) bod na který je možno najíždět.

Řídicí systém má v paměti uloženou polohu referenčního bodu.

**Nulový bod obrobku**

Je bod na obrobku volený programátorem. Klade se na účelné místo na obrobku například bod z kterého je obrobek kótován, nebo na jiné technologické místo.

N

**Nulový bod nástroje**

Je bod stanovený výrobcem stroje. Slouží jako počátek pro určení polohy břitu nástroje. Na soustruzích většinou na dorazové ploše revolverové hlavy.

**Výchozí bod nástroje**

Místo kde začne pracovní pohyb nástroje. Po obrobení následuje návrat do tohoto místa.

3. Měření nástrojů

Na CNC strojích musí mít nástroj definovanou polohu vůči nulovému bodu nástroje a stroje. Proto je nutné na CNC strojích nástroje měřit a zadat do řídicího systému potřebné korekce nástroje tj. posunutí v ose (X,Y,Z).

3.1 Metody měření nástrojů

Typy metod měření nástrojů lze rozdělit do následujících skupin.

- Dotykové měření
- Bezdotykové měření
- Ruční měření (seřizování)

3.2 Dotykové měření

Doteková spínací sonda byla vynalezena v 70 letech minulého století. Znamenala obrat ve vývoji měřících strojů průmyslového standardu trojrozměrného měření. Teprve rozvoj řídicích systémů znamenal rozšíření dotekových sond. Snímací systémy si našli uplatnění mezi největšími světovými výrobci obráběcích strojů. V dnešních podmínkách již patří k standardům obráběcích strojů. Použití sond k ustavení nástroje u CNC obráběcích strojů přináší značné zlepšení produktivity prostřednictvím snížení doby prostoje způsobených ručním seřizováním nástrojů. Dotykové měření má široké spektrum použitelnosti, jak u obráběcích center tak u soustružnických strojů.

3.3 Dotykové měření u frézovacích center

V současné době jsou na trhu různé typy sond od různých výrobců. Mezi nejrozšířenější patří výrobky firem HEIDENHAIN RENISHAW a BLUM-NOVOTEST. Tyto sondy pracují na podobném principu rozdíly jsou v konstrukčním provedení.

3.3.1 Dotykové sondy řady TT firmy HEIDENHAIN

Jedná se o 3D dotekovou sondu pro měření a kontrolu nástroje přímo na stroji.

Při mechanickém kontaktu mezi nástrojem a sondou dojde k vychýlení snímacího talíře.

Sonda vyprodukuje spínací signál který je předán řízení a tam je dále zpracován. Zjištěné údaje o nástroji ukládá NC automaticky do tabulky nástrojů.

Stejně tak může NC řízení spolu s TT zjistit mezi libovolnými pracovními kroky opotřebení nástroje, které je možné automaticky kompenzovat v dalším obrábění.

Před použitím nástroje je možné pomocí TT překontrolovat zda vyměněný nástroj není zlomen. Sonda je instalována na pevno přímo v pracovním prostoru stroje.

Sonda umožňuje měřit tyto parametry:

- Měření nástroje v klidovém stavu
- Měření rotujícího nástroje
- Proměření jednotlivých břitů
- Měření délky a průměru nástroje

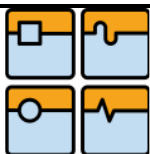


Obr. 3 Doteková sonda HEIDENHAIN TT 130

Technické parametry sondy:

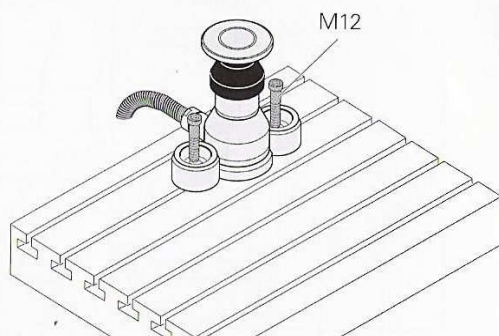
Tab.1

Přesnost snímání:	$\leq \pm 15 \mu\text{m}$
Max. vychýlení snímacího talíře	5 mm do všech směrů
Síly vychýlení	axiální: cca. 8 N radiální: cca. 1 N
Snímací talíř	Průměr 40 mm nebo 25 mm
Snímací rychlost	$\leq 5 \text{ m/min}$
Pracovní teplota	10 °C až 40 °C
Hmotnost	cca. 1,0 kg
Max. délka kabelu	50 m

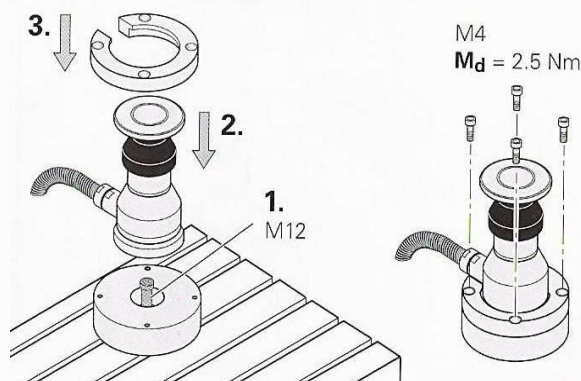
**Montáž:**

Dotyková sonda se připevní na stůl stroje buď pomocí upínacích přílozek nebo montážního soklu.

- upínání pomocí příložky



- upínání pomocí montážního soklu



Obr. 4 Montáž dotykové sondy

Snímání:

Před vlastním snímáním je nutno zadat do řídicího systému stroje parametry nástroje. (průměr, délka, počet břitů, smysl otáčení). Vlastní snímání probíhá pomocí snímacího talíře. Nástroj lze měřit jak v axiálním směru tak ve směru radiálním (průměr, délka). Sonda je nejprve v klidovém stavu po njetí nástroje na talíř se vychýlí. Snímání probíhá pomocí optického snímače se senzorem. Uvnitř sondy je LED dioda která vysílá světelný signál ten prochází soustavou čoček a dopadá na diferenciální fotoelement. Při vychýlení dotykového hrotu vygeneruje diferenciální fotoelement spínací signál.

3.3.2 Dotyková sonda TS27R firmy REINSHAW

Sondou lze ustavovat nástroje na obráběcích centrech. Konstrukce umožňuje jednoduchou montáž. Slouží jak k měření nástrojů, tak k detekci poškození nástrojů. Je vhodná k použití na vertikálních i horizontálních obráběcích centrech.



Obr. 5 Sonda TS27R REINSHAW

Sonda umožňuje měřit tyto parametry:

- Statické ustavení délky vrtáků, závitníků atd.
- Rotační ustavení délky čelních a jiných velkých fréz.
- Rotační ustavení průměru pro drážkovací frézy, vyvrtávací tyče atd.

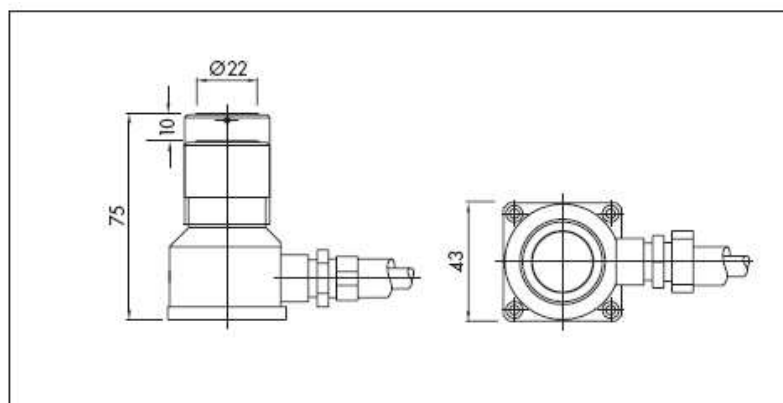
Technické parametry sondy:

Tab.2

Přesnost snímání	$\pm 5 \mu\text{m}$
Maximální vychýlení jehly osa Z osy X,Y	5.5 mm 10 °
Síly vychýlení	od 1.3 do 2.4 N
Snímací jehla	Průměr 12.7 mm
Snímací rychlost	4m/min
Pracovní teplota	5°C až 60 °C
Max. délka kabelu	25m

3.3.3 Dotyková sonda Z-NANO firmy BLUM-NOVOTEST

Jde o dotykovou sondu která umožňuje měřit nástroje v ose Z (délku). Je určena pro vysoce přesné měření nejmenších nástrojů. Sonda umožňuje délkovou korekturu nástroje vlivem teploty.



Obr. 6 Sonda Z-NANO BLUM-NOVOTEST

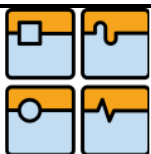
Technické parametry sondy:

Tab.3

Přesnost snímání	$\pm 0.5 \mu\text{m}$
Minimální průměr nástroje	>0.5mm
Měřicí síla	2.5N
Maximální zdvih	10mm

3.4 Dotykové měření u soustružnických center

Díky tvarové náročnosti soustružnických noží se v praxi nejvíce osvědčilo měření pomocí dotykových sond. V současné době na trhu dominuje firma RENISHAW se svou řadou sond HP. K dispozici jsou tři typy sond s výklopným ramenem jde o sondy HPRA, HPPA a HPMa.



3.4.1 Dotekové sondy HP od firmy RENISHAW

Dotyková sonda HPRA

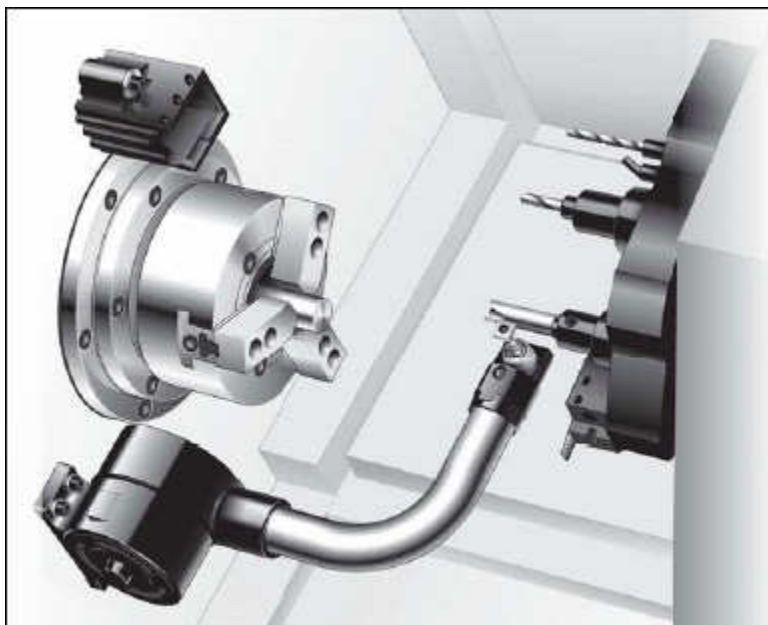
Rameno HPRA je typu plug-in což znamená že je ručně vkládáno do stroje a po seřízení nástrojů je opět odejmuto. Rameno je během měření fixováno na podložce což umožňuje jeho opakovatelné ustavení do stejné polohy s přesností 5 μm . Po použití sondy se rameno odejme a umístí se na stojan na stroji. Sonda se vyrábí v různých sortimentech velikostí což umožňuje umístění na velké řadě strojů. Výhodou je že po odinstalování nezabírá na stroji místo. Je ji možno instalovat i na existující stroje bez sond.

Dotyková sonda HPPA

Jde o manuálně výklopné rameno, které je trvale namontováno na stroji. Což umožňuje okamžité použití k nastavování nástrojů. Ustanovení doteku sondy do stejné polohy je s přesností 5 μm . Sonda je vhodná pro ustavování nástrojů v malosériové a kusové výrobě.

Dotyková sonda HPMA

Jde o automaticky výklopnou sondu. Sonda slouží pro seřizování nástrojů na CNC soustruzích a soustružnických centrech. Sonda slouží jak k seřizování nástrojů, tak k detekci nástrojů proti zlomení v průběhu obráběcího cyklu. Sonda umožňuje měřit nástroje jak z hlediska délky, tak i průměru. Sonda je stavebnicová. To znamená že pro různé typy strojů si vybereme vhodné komponenty a ty sestavíme. Nejdůležitějšími parametry pro výběr jsou velikost universálního sklíčidla a rozměry nástrojů. (průměr těla soustružnického nože). Podle těchto parametrů vybereme rozměry výklopného ramena sondy, doteku, jehlu.



Obr. 7 Sonda HPMA REINSHAW

Technické parametry sondy HPMA:

Tab.3

Doba vyklápění zaklápění sondy	2s
Pracovní teplota	5°C až 60 °C
Maximální vychýlení jehly osa Z	4mm
osy X,Y	12.5°
Hmotnost	5Kg

Možnosti seřízení nástroje:

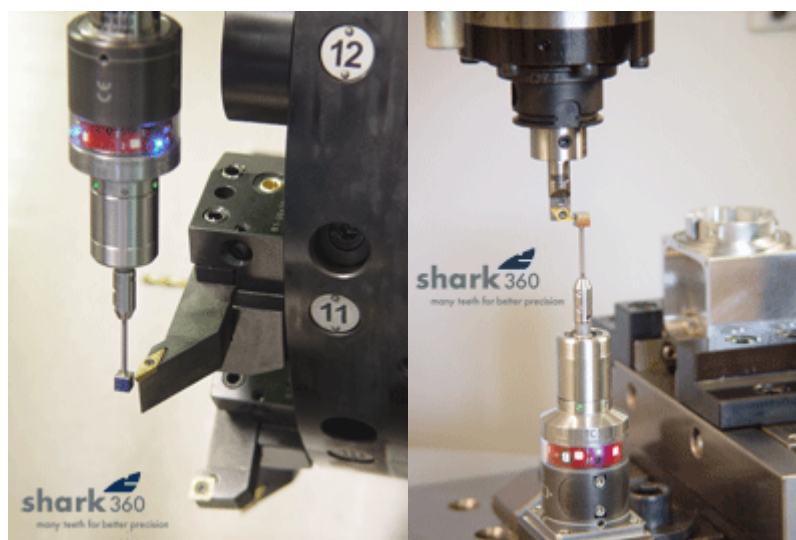
Sonda umožňuje seřízení nástroje jak délkové tak průměrové. Dále délkové seřízení lze rozdělit do dvou skupin staticky a za rotace. Statické nastavení délky je vhodné pro nástroje jejichž řezná hrana je umístěna v ose vřetena (vrták).

Nastavení délky nástroje při rotaci je vhodné pro nastavování délky poháněných nástrojů, které mají více břitů na čele nástroje (frézy). Dochází k proměření všech břitů, které zajišťuje že je zjištěn skutečný nejvyšší bod nástroje. Nástroj se otáčí ve směru po hřbetu, nikoliv po břitu (nikoliv do řezu).

Měření průměru nástroje se vyžaduje u nástrojů, které se používají pro interpolační funkce (drážkové frézy). Stejně jako při měření délky nástroje, se musí nástroj otáčet proti směru otáčení než je tomu při obrábění (tak je zajištěna ochrana proti poškození doteku).

3.4.2 TC 53 firmy BLUM-NOVOTEST

Jde o universální dotekovou sondu, kterou lze použít jak pro frézovací, tak pro soustružnická centra. Sonda je napájena baterií, tudíž nepotřebuje kabeláž. Přenos naměřených hodnot mezi sondou a portem je zprostředkován pomocí infračervených paprsků. Odtud je signál předán řídicímu systému a dále zpracováván.



Obr. 8 Sonda TC 53

**Technické parametry sondy:**

Tab.4

Síly vychýlení: X-Y osa	1.3N
Z osa	5.9N
Maximální vychýlení dotyku osa Z	5mm
osy X,Y	15°
Opakovatelnost měření	1μm
Snímací rychlost	2m/min
Hmotnost	500g

3.5 Bezdotykové měření

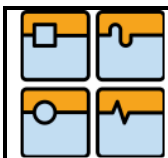
Počátky používání laserového měření nástrojů spadá do poloviny 80. let. Šlo o bezkontaktní detekci zlomení nástrojů malých rozměrů v sériových provozech. Postupným vývojem se uplatnění tohoto způsobu rozšířilo na samotné měření nástrojů. Dnes je možné pomocí paprsku světla generovaného laserovým vysílačem a optickým přijímačem tvořeného PIN diodou nebo fototranzistorem nejen velmi přesně měřit rozměry (délku a průměr obráběcího nástroje), ale i provádět kontrolu lomu nástroje, kontrolu jednotlivých břitů nástroje, kontrolu házivosti nástrojů. I toto měření může sloužit jako zabezpečovací systém, který po výměně nebo naopak po každém použití obráběcího nástroje provede změření rozměrů, parametrů nástroje a porovná ho s údaji v řídicím systému. Tak se dá bezpečně rozpoznat, je-li opotřebení nástroje příliš velké, nebo je-li nástroj zlomen.

Snímání:

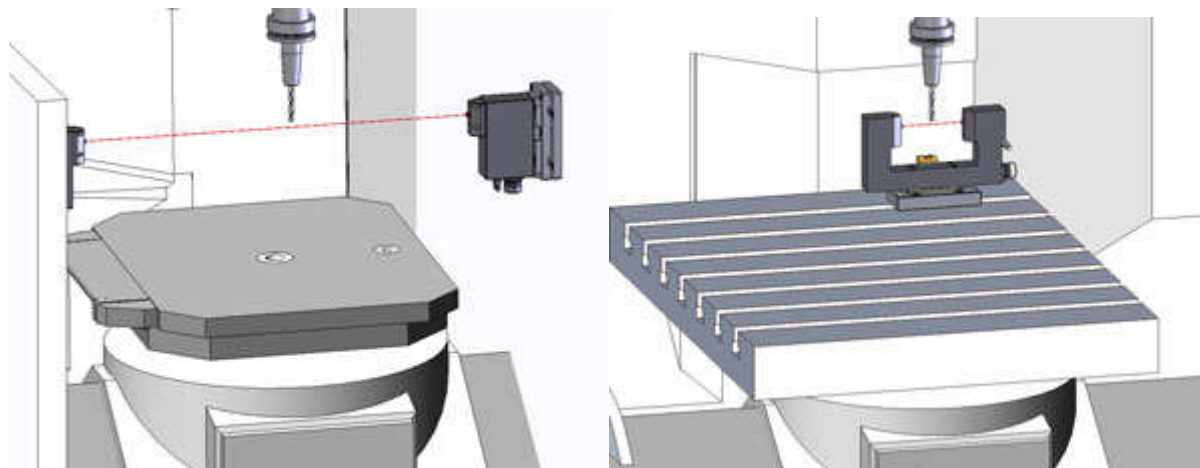
Samotné měření se provádí na principu velmi přesné optozávory, s fixně upevněným vysílačem (laserem) i optopřijímačem, kde během měřicího cyklu se na jmenovité otáčky roztočený nástroj pohybuje směrem do prostoru měřicího paprsku. Protože se nástroj točí jako během samotného obrábění, všechny vlivy házení vřetene, chybně upnutého nástroje v hlavě, výrobní tolerance nástroje či upínací hlavy, teplotní drift stroje aj. jsou najednou v jednom okamžiku přesně určeny a pomocí nich se provádí nástrojové korekce. Začátkem samotného měření je přerušení paprsku měřeným nástrojem, čímž se vygeneruje startovací spínací signál pro řídicí elektroniku. Geometrické rozměry se pak přesně vypočítají z doby zaslunění paprsku.

Laserové měření umožňuje zjistit tyto parametry nástroje:

- Zjištění zlomení nástroje - např. vrtáku
- Kontrola jednotlivých řezných hran
- Kontrola tvaru nástroje
- Měření délky a průměru celého nebo jednotlivých částí nástroje
- Měření úhlu zkosení a hran
- Kontrolu správné volby nástroje
- Teplotní kompenzace os



Laserové systémy mohou být oddělené nebo kompaktní. U kompaktních systémů je dána pevná rozteč mezi snímači. Systém se připevňuje na stůl stroje. U obráběcích strojů s výměnnými paletami je výhodné použít odděleného snímače, který se připevňuje na pevnou část stroje.



Obr. 9 Oddělený a kompaktní laserový systém

Laserové systémy TL HEIDENHAIN

Jde o laserové měřicí systémy firmy HEIDENHAIN. Firma nabízí tři různá provedení pro různé maximální průměry nástrojů.

Laserový systém

TL Nano

TL Micro 150

TL Micro 200

TL Micro 300

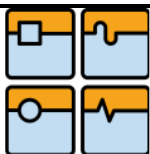
Laserové systémy jsou vybaveny vnitřním ofukovacím zařízením. Tím je možné ofouknout nástroj před měřením a zbavit ho nečistot, špon a chladicí kapaliny.

Měřicí cykly:

Řídicí systém zpracovává výstupní signál laserových systémů a provádí korekce nástrojů.

Měřicí cykly obsahují funkce pro nastavení nástroje s automatickým přenosem dat do tabulky nástrojů.

- Kontrola jednotlivých řezných hran
- Kontrola opotřebení s nebo bez korektury dat nástroje
- Identifikace s nebo bez korektury dat nástroje
- Kontrola zlomení

**Snímání:**

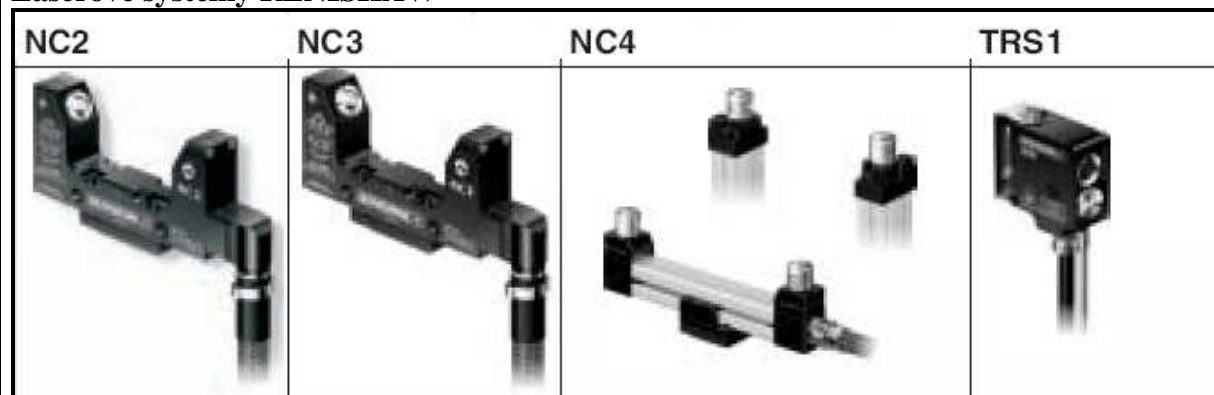
Snímání probíhá na principu světelné závory. Laserový světelný zdroj vysílá laserový paprsek. Naproti umístěná přijímací jednotka detekuje laserový paprsek a zjistí každé jeho přerušení. Při přerušení vyprodukuje elektronika impuls o definovaném trvání. Tento dynamický signál DYN je předán NC řízení a tam je použit pro vyhodnocení polohy. Před měřením je nutné nástroj očistit od nečistot a zbytků chladicí kapaliny, to proběhne buď tím že je nástroj roztočen na vysoké otáčky, nebo pomocí odfukovacího zařízení. Laserové systémy TL jsou vybaveny integrovaným ofukem.

**Obr. 10** Laserové systémy HEIDENHEIN**Technické parametry:**

Tab.5

	TL Nano	TL Micro 150	TL Micro 200	TL Micro 300
Průměr nástroje				
Středové měření:	0,03 až 37mm	0,03 až 30 mm	0,1 až 80 mm	0,1 až 180 mm
měření tangenciálně:				
nahoře	0,03 až 44 mm	0,03 až 30 mm	0,1 až 98 mm	0,1 až 324 mm
bočně	0,03 až 44 mm	0,03 až 30 mm	0,1 až 122 mm	0,1 až 428 mm
Opakovatelnost měření:	± 0,2 μm		± 1 μm	
Laser:	Viditelný červený laser s paprskem zaměřeným na střed			
vlnová délka/výkon	630 až 700 nm / < 1 mW			
Čištění nástroje	integrované zařízení na ofuk			
Pracovní teplota	10 až 40 °C			
Hmotnost	0,70 kg	0,85 kg	0,95 kg	1,15 kg

Laserové systémy RENISHAW



Obr.11 Laserové systémy RENISHAW

Systém TRS 1

Tento systém pracuje pouze s jednou jednotkou, která plní funkci vysílače i přijímače. Systém umožňuje pouze detekci poškození nástroje. Systém je schopný detekovat nástroje na vzdálenost od 300mm do 2m. Používá se pro celistvé osově nástroje, například: vrtáky, závitníky. Systém je schopný detekovat nástroje od průměru 0.5mm a to v závislosti na vzdálenosti od přijímače. V případě vzdálenosti 300mm je systém schopný detekovat nástroj od průměru 0.5mm, ve vzdálenosti 2m nástroj od průměru 1mm. Zařízení je vybaveno přívodem stlačeného vzduchu, který chrání sondu před znečištěním.

Systémy NC2

Tento systém je určen pro detekci poškození nástroje. Používá se u obráběcích center jak vertikálních, tak horizontálních. Umožňuje detekci nástroje od průměru 0.15 mm.

Systém NC3

Systém umožňuje nastavování a detekci poškození nástroje. Použití u obráběcích center jak vertikálních, tak horizontálních. Pro nastavování lze použít nástroje od průměru 0.2 mm a k detekci poškození nástroje od průměru 0.1 mm.

Systém NC4

Jde o systém sloužící k nastavování nebo detekci poškození nástroje. Systém je buď kompaktní nebo oddělený. Kompaktní systém lze rozdělit na pevný a modulární. Pevný systém má konstantní rozteč mezi vysílačem a přijímačem. Systém modulární umožňuje nastavení rozteče. Dle rozteče lze určit i nejmenší průměr nástroje, který je sonda schopna detekovat.

Rozestup jednotek vysílače a přijímače (m)		Min. průměr nástroje (mm) při...	
		...měření	...detekci
Kompaktní pevný systém	0,023	0,03	0,03
	0,055	0,07	0,04
	0,085	0,08	0,05
	0,170	0,20	0,07
Modulární a kompaktní pevný systém	0,225/ 0,24	0,20	0,10
Oddělený systém	0,50	0,30	0,10
	1,00	0,40	0,20
	2,00	0,50	0,20
	3,00	0,60	0,30
	4,00	1,00	0,30
	5,00	1,00	0,30

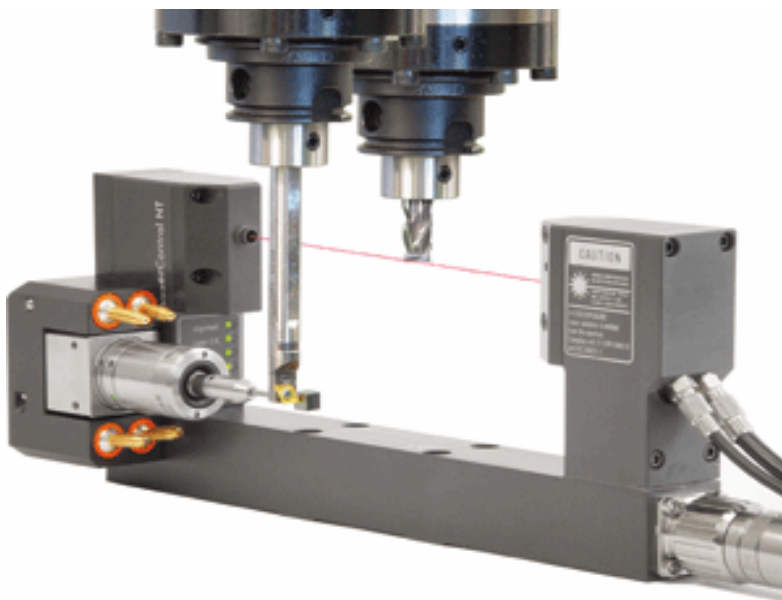
**Technické parametry sond:**

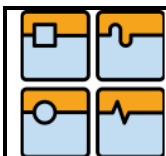
Tab.6

	NC2	NC3	NC4		TRS1
Funkce	Detekce poškození nástroje	Detekce poškození nástroje	Detekce poškození nástroje		Detekce poškození nástroje
Délka pracovního rozestupu	135	135	modulární 225 mm	Kompaktní 225 mm	0,3m-2m
Laser: vlnová délka/výkon	Viditelný červený laser s paprskem zaměřeným na střed 670nm / < 1 mW				
Opakovatelnost	není k dispozici	$\pm 0,15 \mu\text{m}$	$\pm 0,1 \mu\text{m}$		není k dispozici
min detekce nástroje	0,15 mm	0,1mm	0,03mm		0,5mm
Rozměry (VxŠxD)	69x26x135 (mm)	36x26x135 (mm)	102x40x300 (mm)		72x38x73 (mm)

Kombinované systémy

V dnešní době již existují systémy, které kombinují bezdotykové a dotykové snímání dohromady. Využívají se pro obráběcí centra, kde se používají nástroje jak pro soustružení, tak i pro frézování.

**Obr.12** Kombinovaný systém NT-H 3D firmy Blum-Novotest



4. Programové moduly

Zapsání potřebných informací o nástroji do řídicího systému se provádí pomocí softwarů. Softwary mohou být dodávány výrobcem řídicího systému (HEIDENHAIN, SIEMENS) nebo výrobcí dotykových sond (RENISHAW). Programy jsou různé podle typu měřicí sondy a podle typu měření (kontaktní, bezkontaktní).

4.1 Softwary dodávané výrobcí řídicích systémů

HEIDENHAIN iTNC 530

Jde o univerzální řídicí systém pro frézky, vyvrtávačky a obráběcí centra. Tento software je komplexní a zahrnuje celou škálu funkcí pro CNC řízení. Součástí tohoto programu jsou i cykly pro měření nástrojů.

Pro dotykovou sondu TT 130 a řídicí systém HEIDENHAIN iTNC 530 je program schopen měřit nástroj těmito způsoby:

- Měření nástroje v klidovém stavu
- Měření rotujícího nástroje
- Měření jednotlivých břitů
- Automatické měření nástrojů

Systém iTNC 530 je schopen pracovat ve 3 režimech

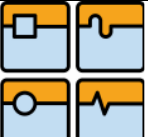
- Ruční režim
- Polohování s ručním zadáním
- Automatický režim

Označení cyklů:

Kalibrace TT sondy	-30
Měření délky nástroje	-31
Měření radius nástroje	-32
Měření délka a radius nástroje	-33

Před vlastním měřením nástrojů je nutné vyplnit potřebné informace o nástroji do tabulky nástrojů. U systémů HEIDENHAIN se označuje TOOL.T. Do této tabulky se vyplní následující údaje:

L	Délka nástroje (jde o délku nástroje vztaženou k nulovému bodu nástroje).
R	Radius nástroje
CUT	Počet břitů nástroje
LTOL	Přípustná odchylka od délky nástroje L pro zjištění opotřebení. Při překročení této odchylky se nástroj zablokuje.
RTOL	Přípustná odchylka od radiusu nástroje R pro zjištění opotřebení. Při překročení této odchylky se nástroj zablokuje.
LBREAK	Přípustná odchylka od délky nástroje L pro zjištění zlomení. Při překročení této odchylky se nástroj zablokuje.
RBREAK	Přípustná odchylka od radiusu nástroje R pro zjištění zlomení. Při překročení této odchylky se nástroj zablokuje.
DIRECT	smysl otáčení vřetene(M3= - M4= +)

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 25
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Údaje sloužící ke zjištění opotřebení a ke zjištění zlomení nástroje, se vyplňují jen v případě, že se jedná o měření nástroje v automatickém režimu při požadované funkci detekce nástroje proti zlomení nebo opotřebení.

Při měření nástrojů v klidovém stavu (délka nástroje) se postupuje takovýmto způsobem. V ručním režimu si najedeme nad dotekovou sondu cca 10mm. Dále zvolíme polohování s ručním zadáním a spustíme program. Ten změří délku nástroje a uloží ji do tabulky nástrojů.

V případě automatického měření nástrojů nebo při detekci opotřebení či zlomení nástroje, je nutné mít sondu zkalibrovanou. To znamená určení její polohy vůči referenčnímu bodu stroje. Bez zkalibrování nemůže sonda pracovat v automatickém režimu.

Postup kalibrace je následující :

Do upínacího zařízení upneme kalibrační přípravek (broušený kolík). V ručním režimu najedeme nad střed sondy a sondu jemně stlačíme. Na obrazovce řídicího panelu odečteme referenční hodnoty X,Y,Z. Ty si poznačíme. Potřebnou klávesou se přepneme do tabulky zadávání strojních parametrů a do příslušného řádku napíšeme námi poznačené hodnoty X,Y,Z. Do tabulky nástrojů napíšeme rádius kolíku a jeho délku. V režimu polohování s ručním zadáním napíšeme program pro kalibraci.

Schéma programu je následující:

název programu: KALIBRACE

PROGRAM:

0 BEGIN PGM KALIBRACE

1 TOOL CALL 1 Z: 100 (nástroj číslo jedna výška v ose z od referenčního bodu)

2 TCH PROBE 30.0 TT (program na kalibraci sondy)

3 TCH PROBE 30.1 Výška: (bezpečná výška nad kterou se kolík zastaví)

4.END PGM KALIBRACE (konec programu)

po spuštění tohoto programu se kolík změří a tím je sonda zkalibrována.

Měření nástrojů

Jak bylo výše zmíněno, je systém schopen měřit nástroje ve třech cyklech. Pro každý cyklus je nutno napsat program.

Měření délky nástroje:

Je změřena pouze délka nástroje. V řídicím systému je měření délky nástroje označeno TCH PROBE 31. Opět je nutné napsat program na měření nástroje.

Schéma programu

PROGRAM:


1 TOOL CALL 12 Z:

2 TCH PROBE 31 DELKA NASTROJE

3 TCH PROBE 31.1 KONTROLA:

4 TCH PROBE 31.2 VYSKA:

5 TCH PROBE 31.3 PROMERENI BRITU:

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 26
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

vysvětlení:

1 TOOL CALL 12 Z:

ze zásobníku nástrojů je zvolen nástroj číslo 12. Z- bezpečná výška nesmí dojít ke kolizi mezi nástrojem a obrobkem.

2 TCH PROBE 31 DELKA NASTROJE

vlastní program změření délky nástroje

3 TCH PROBE 31.1 KONTROLA:

do kolonky kontrola se vloží číslo 0 nebo 1. Jde o určení zda se nástroj bude proměřovat poprvé, či zda jde o přezkoušení nástroje. Při prvním proměření se do tabulky nástroje zapíše hodnota délky nástroje. Při dalších měření se vypočítává odchylka od původní hodnoty a je-li tato odchylka v toleranci, nástroj je schopen dalšího provozu. Program porovnává odchylku se záznamem v tabulce nástrojů LTOL.

4 TCH PROBE 31.2 VÝŠKA:

určení výšky ze které začne cyklus měření.

5 TCH PROBE 31.3 PROMĚŘENÍ BŘITŮ:

pro měření břitu zadáváme hodnotu 0 nebo 1. V případě jednobřitých nástrojů zadáme 0 a proměří se pouze špička nástroje. U vícebřitých nástrojů zadáme 1 a sonda proměří všechny břity nástroje.

Podobné programy je nutno zadat i pro ostatní typy měřících cyklů. Tyto programy je možno používat jak v režimech polohování s ručním zadáním, tak v automatickém režimu jako vložené podprogramy pro kontrolu zlomení či opotřebení nástroje.

4.2 Softwary dodávané výrobcí měřících zařízení RENISHAW

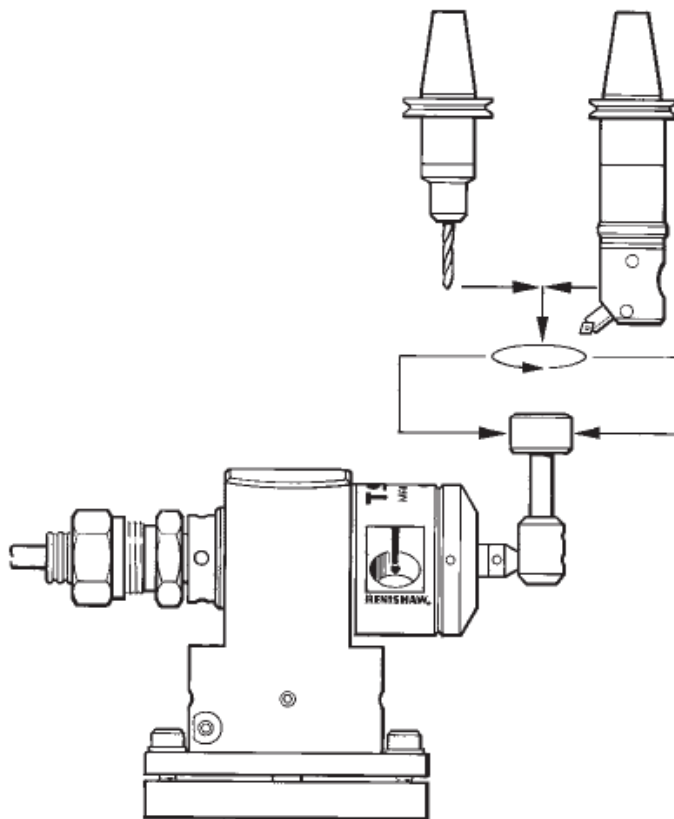
K sortimentu firmy patří i softwarová výbava. Program PROUDICTVITY-AKTIVE EDITOR. Jde o kompletní program k sondám dodávaných touto firmou. Program je určen pro měření obrobků i nástrojů.

Tento program je schopen měřit nástroje v těchto cyklech:

- ustavení délky nástroje
- ustavení délky rotujícího nástroje
- detekce poškození nástroje
- plně automatický cyklus měření

Jak již bylo výše zmíněno, cykly pro ustavování délky či průměru nástroje slouží pro seřizování nástrojů v kusové, nebo malosériové výrobě. Je třeba v ručním režimu nastavit nástroj nad dotek sondy a poté spustit měřící cyklus.

Automatické cykly slouží pro seřizování nástrojů v hromadné výrobě a pro kontrolu zlomení nebo opotřebení nástroje. Do tabulky nástrojů se vloží prvotní informace o nástroji. V dalším průběhu obrábění se tyto informace aktualizují podle změřených hodnot.


**Rotační ustavování nástrojů****Obr.13** Schéma rotačního ustavování nástrojů**Bezkontaktní ustavování nástrojů**

Software firmy RENISHAW obsahuje cykly pro bezkontaktní ustavování nástrojů

Jde o následující cykly:

- ustavování délky nástroje s automatickou opravou korekce
- ustavování délky rotačních nástrojů s jedním či více břity
- detekce poškození nástroje
- kontrola poloměru a lineárního profilu nástroje (kontrola břitu nebo chybějícího zubu nástroje)
- kontrola teplotní kompenzace

Při detekci poškození nástroje se nástroj přesune do bezpečné polohy v osách Z, X a Y. Cyklus pak nástroj zapoložuje v ose Z. Následuje radiální pohyb kterým se zjistí zda je nástroj poškozen či nikoliv. Tento cyklus lze vyvolat po ukončení obrábění.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 28
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

5. Závěr

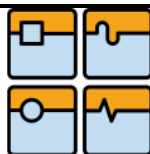
Tato práce seznamuje s metody měření nástrojů na obráběcích centrech. Bylo provedeno rozdělení podle metod měření nástrojů na dotykové a bezdotykové. Dotykové měřicí systémy byly rozděleny do dvou skupin, podle druhu stroje na dotykové systémy pro soustružnická a frézovací centra. Pro obě skupiny byly vybrány základní druhy snímacích systémů. Užití těchto systémů závisí na potřebách jednotlivých firem dle charakteru výroby. V posledních letech jsou na vzestupu bezdotykové měřicí systémy a to díky tomu, že jsou schopné zkontrolovat celý profil nástroje. Bezdotykové snímací systémy se nejvíce rozšířily u frézovacích center kde našli širokou škálu použitelnosti jak při měření nástrojů tak při kontrole opotřebení či celistvosti nástroje. Tohoto se obzvláště využívá v automatizovaných provozech, kde se nevyžaduje přítomnost obsluhy. U soustružnických center zatím převládají dotykové systémy, které jsou schopny lépe změřit tvarově náročnější nástroje. Ve velkosériové výrobě, kde jsou nasazena soustružnická centra se však využívá bezdotykové měření ke kontrole nástrojů. Jde o tzv. optozávory. Ceny těchto systémů jsou však oproti dotykovým systémům vyšší. Výhody bezdotykového měření oproti dotykovému spočívají v tom, že bezdotykový měřicí systém je schopen zkontrolovat celý profil nástroje. Měření a kontrola nástrojů hraje důležitou roli jak z hlediska ekonomického, tak z hlediska kvalitativního. Správný výběr měřicího systému je proto důležitý. O výběru systému rozhoduje nejvíce druh výroby a možnosti kupujícího.

6. Seznam použité literatury:

- [1] HALÁSEK, Pavel. *Strojírenské technologie III*, SNTL Nakladatelství technické literatury, Praha: 1986
- [2] STODŮLKA, Josef. Diplomová práce: *Analýza a vytvoření programových modulů automatického nastavování nástrojů soustružnických center*, VUT Brno: 2006
- [3] MAREK, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*, MM publishing, Praha: 2006
- [4] PRAGAČ, J. *Technologie zpracování kovu*, SNTL Nakladatelství technické literatury, Praha: 1996
- [5] MMSPEKTRUM <http://www.mmspektrum.com/>
 URL:<<http://www.mmspektrum.com/konstrukce2/06-cnc-soustruznicke-stroje>>
 URL:<<http://www.mmspektrum.com/konstrukce2/09-cnc-frezovaci-stroje>>
- [6] HEIDENHAIN <http://www.heidenhain.cz/>
 URL:<<http://www.heidenhain.de/presentation/tastsysteme/cs/index.html>>
 URL:< http://www.heidenhain.cz/index.php?WCMSGGroup_479_138>
- [7] RENISHAW <http://www.renishaw.cz/>
 URL:<<http://www.renishaw.cz/UserFiles/acrobat/Czech/H-2000-2318.pdf>>
 URL:< <http://www.renishaw.cz/UserFiles/acrobat/Czech/H-2000-2163.pdf>>
 URL: < <http://www.renishaw.cz/client/product/Czech/PGP-4.shtml> >
- [8] VOJÁČEK, Antonín. AUTOMATIZACE
 URL:< <http://automatizace.hw.cz/presne-laserove-mereni-rozmeru-opotrebeni-nastroju>>
- [9] Blum-Novotes <http://www.blum-novotest.de/>
 URL: < <http://www.blum-novotest.de/index.php?id=5>>
- [10] KOVOSVIT <http://www.kovosvit.cz>
 URL: <<http://www.kovosvit.cz/2008/cs/technologie-frezovani/vertikalni/mcv-750/>>
- [11] RENISHAW – Instalační a uživatelská příručka H-2000-5141-03-A (CZ)
- [12] RENISHAW – Instalační a uživatelská příručka H-2000-5169-07-A (CZ)
- [13] RENISHAW – Instalační a uživatelská příručka H-2000-5254-02-A (CZ)
- [14] HEIDENHAIN –Příručka pro uživatele *Cykly dotykové sondy iTNC 530*, 2006

7. SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obr. 1	Multifunkční soustružnické centrum.....	11
Obr. 2	Vertikální a horizontální obráběcí centrum.....	12
Obr. 3	Doteková sonda HEIDENHAIN TT 130.....	14
Obr. 4	Montáž dotykové sondy.....	15
Obr. 5	Sonda TS27R REINSHAW.....	15
Obr. 6	Sonda Z-NANO BLUM-NOVOTEST.....	16
Obr. 7	Sonda HPMa REINSHAW.....	17
Obr. 8	Sonda TC 53.....	18
Obr. 9	Oddělený a kompaktní laserový systém.....	20
Obr. 10	Laserové systémy HEIDENHEIN.....	21
Obr. 11	Laserové systémy RENISHAW.....	22
Obr. 12	Kombinovaný systém NT-H 3D firmy Blum-Novotest.....	23
Obr. 13	Schéma rotačního ustavování nástrojů.....	27



8. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZNAKŮ

CNC	centrální číslicové řízení
CUT	počet břitů nástroje
DIRECT	smysl otáčení vřetene
END PGM	konec programu
HPMA	typ dotykové sondy
HPPA	typ dotykové sondy
HPRA	typ dotykové sondy
L	délka nástroje
LBREAK	přípustná odchylka od délky nástroje
LED dioda	elektronická součástka
L TOL	odchylka od délky nástroje
Md	utahovací moment
NC	číslíkové řízení
NT-H 3 D	kombinovaný měřicí systém
PGM	program
R	rádius nástroje
RBREAK	přípustná odchylka od rádius nástroje
R TOL	odchylka od průměru nástroje
TC 53	dotyková sonda
TCH PROBE	označení programu u řídicího systému iTNC 530
TNC 530	řídicí systém
TOOL CALL	výměna nástroje
TT	typ dotyková sonda
TS27R	typ dotyková sonda
Z-NANO	typ dotykové sondy